

Dagvattenhantering med träd och kolmakadam

Marta Karlström



Titel: Dagvattenhantering med träd och kolmakadam
Engelsk titel: Storm water management with trees, stone chips and biochar
© Marta Karlström
Handledare: Sylvia Dovlén, SLU, institutionen för stad och land
Examinator: Lena Steffner, SLU, institutionen för stad och land
SLU, Sveriges lantbruksuniversitet, fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap
Institutionen för stad och land, avdelningen för landskapsarkitektur
Omfattning: 15 hp
Nivå: Grundnivå G2E
Kurs: EX0725, Projekt i landskapsarkitektur
Kursansvarig institution: institutionen för stad och land
Landskapsarkitekturprogrammet, Ultuna
Nyckelord: Biokol, Kolmakadam, Dagvattenhantering, Stadsträd
Omslagsbild: Bild på lindallé från Valhallavägen i Stockholm av Marta Karlström
Alla bilder i arbetet används med erforderliga tillstånd.
Publiceringsår: 2019
Publiceringsort: Uppsala
Elektronisk publicering: <https://stud.epsilon.slu.se/>

Sammandrag

Klimatförändringar tros öka risken för översvämningar och plötsliga skyfall i Sverige. Detta i kombination med att allt fler ytor i städer är hårdgjorda och att VA-ledningar avsedda för dagvatten är underdimensionerade gör dagvattenhantering till en viktig fråga i planeringen av städer. Dagvatten har även visats vara förorenat och avledning utan rening kan skapa stora skador i naturen.

För att rena och hantera dagvatten anläggs växtbäddar till träd med kolmakadam i Stockholm. Växtbäddarna sägs vara ett alternativ till skelettjord. I uppsatsen behandlas hur de olika komponenterna i den sortens dagvattenhantering fungerar; träd, biokol och kolmakadam, samt huruvida växtbäddar med kolmakadam är ett alternativ till skelettjord eller i själva verket en ny sorts skelettjord.

Olika referensobjekt från Stockholm studeras för att ge en inblick i hur en växtbädd med kolmakadam anläggs och vilken funktion den har i praktiken på dagvattens rening och hantering.

Resultatet talar för att växtbäddar med kolmakadam och träd kan ha en positiv effekt på rening och hantering av dagvatten. Referensprojekten visas ha liknande utformning men med platsspecifika anpassningar. Ett räkneexempel visar att en växtbädd anlagd enligt metod från referensprojekten kan omhänderta framtida väntad största årsnederbörd i Stockholm från en 137,4 m² stor yta. Växtbäddar med kolmakadam som är anlagda enligt Stockholms modell finns inte ha stora skillnader till motsvarande skelettjordar i Stockholm. Kriterierna för att få kallas skelettjord bedöms utav resultatet vara uppfyllda.

Abstract

Climate change is believed to increase the risk of floods and sudden rainfalls in Sweden. This in combination with the fact that more and more urban surfaces are impervious, and that water pipelines for storm water are under dimensioned make water management an important issue in urban planning. Storm water has also been shown to be contaminated and drainage without removing contaminants can cause major damage in nature.

In order to remove contaminants and manage storm water, plant beds are being built with stone chips and biochar in Stockholm. The plant beds are said to be an alternative to skeletal soil. This paper examines how the different components of this kind of storm water management work; trees, biochar and stone chips with biochar, as well as whether or not plant beds with stone chips and biochar are an alternative to skeletal soil or, in fact, a new type of skeletal soil.

Different projects in Stockholm are studied to provide an insight in how a plant bed with stone chips and biochar is constructed and what function it has when it comes to managing storm water and removing contaminants. The result shows plant beds with stone chips and biochar and trees can have a positive effect on managing storm water and removing contaminants. The studied projects appear to be similar in style but with site-specific customizations. An example shows that one plant bed constructed using the same method as in the studied projects can absorb rain, during the future's expected heaviest rain/ year in Stockholm, from a 137,4 m² large area. Plant beds with stone chips and biochar, which are constructed according to Stockholm's model, do not have major differences to the corresponding skeletal soils in Stockholm. The criteria for being called a skeletal soil are according to the result met.

Innehåll

Introduktion	5
Bakgrund	5
Dagvattenproblematik	6
Träd i städer	7
Biokol	7
Skelettjord och kolmakadam	8
Syfte	8
Frågeställningar	9
Avgränsningar	9
Definitioner på begrepp	9
Metod	10
Litteraturstudie	10
Telefonintervju	10
Kompletterande litteraturstudier	10
Beräkningar	11
Resultat	11
Träd	11
Biokol	12
Kolmakadam	12
Skelettjord	13
Jämförelse mellan kolmakadam och skelettjord	13
Referensprojekt	14
Sammanfattning av referensprojekten	17
Räkneexempel	18
Diskussion	18
Resultat	18
Resultatet kopplat till frågeställningarna	19
Resultatets betydelse	20
Metod	20
Litteratur	20
Intervju	20
Beräkningar	20
Slutsats och vidare forskning	21
Referenser	22

Introduktion

Klimatförändringar tros öka risken för översvämningar och plötsliga skyfall i Sverige. Risken varierar mellan olika platser beroende på läge i landskapet och andra lokala förutsättningar visar en rapport som tagits fram av forskargrupper från SMHI, Göteborgs universitet och Karlstads universitet. Det gemensamma för de undersökta områdena är att alla kommer påverkas. (Myndigheten för samhällsskydd och beredskap 2016)

Städers förtätning och ökade andel hårdgjorda ytor leder till mindre möjlighet för nederbörd att infiltrera marken (Stahre 2004).

VA-ledningar avsedda för dagvatten är underdimensionerade och klarar inte av att ta emot mängden vatten som framtiden väntar. Dagvatten har dessutom visats vara kraftigt förorenat, så avledning utan rening kan skapa stora skador i naturen. (Stockholm stad 2015)

Träd och annan växtlighet kan hjälpa till att hantera dagvatten i städer. Studier visar att ungefär 60 procent mindre vatten avrinner från asfalterade ytor med trädplanteringar än de utan. (Naturvårdsverket 2017)

I Stockholms stad förbereder man sig på framtida oväder. Trafikkontoret har under 2018 inlett ett projekt för att hantera dagvatten med hjälp av växtbäddar med träd inom tillrinningsområdet till Rådmansgatans tunnelbanestation i Stockholm.

Detta efter att en skyfallsmodell som Stockholm vatten och avfall tog fram i samarbete med miljöförvaltningen, visat att stora mängder regn kommer att samlas kring just Rådmansgatans tunnelbanestation. Befintliga träd kommer få nya växtbäddar med större jordvolym för att kunna hantera större mängder dagvatten (Stockholm stad 2018). De nya växtbäddarna ska bestå av kolmakadam; en blandning av makadam och biokol, som förutom att skapa ett underjordiskt dagvattenmagasin och plats för trädrötter menas kunna rena dagvattnet med biokol (Alvem och Grönjörd 2017).

Växtbäddar som ett sätt att hantera dagvatten är inte en ny företeelse utan nämns i Stockholm stads handbok för växtbäddar (Stockholm stad 2009). Tidigare har man använt skelettjord, men att använda kolmakadam som ett alternativ till skelettjord är relativt nytt (Alvem och Grönjörd 2017).

Uppsatsen kommer att fokusera på att gå igenom vad kolmakadam är och hur kolmakadam och träd kan bidra till att magasinera, ta upp och rena dagvatten.

Bakgrund

I bakgrunden beskrivs dagvattenproblematik, träds villkor i städer förr och hur det förändrats samt vad biokol är och hur det kan vara effektivt mot föroreningar. I bakgrunden beskrivs även vad skelettjord och kolmakadam är och tvetydigheten som finns om huruvida kolmakadam är en skelettjord eller ej. Klimatförändringar, som konstateras i inledningen, väntas leda till bland annat större översvämningrisk i städer.

I en SMHI-rapport beskrivs framtida scenarier i Stockholm, två modeller visar på olika scenarier beroende på hur användningen av fossila bränslen kommer se ut i framtiden. Resultatet visar att maximal dygnsnederbörd kan komma att öka med 20-30%. Det geografiska medelvärde av årets största dygnsnederbörd i Stockholm åren 1961-1990 är 28 mm (Asp et al., 2015). I framtiden skulle största dygnsnederbörden kunna öka med 30 % och därmed istället vara 36,4 mm.

Dagvattenproblematik

Fram till 1800-talet leddes dagvatten och spillvatten ut i öppna diken och endast ett fåtal svenska städer hade avlopp. En långsam avrinning och ökande befolkning orsakade illaluktande pölar i stadsmiljön. Den tidens tro på att odörer kunde sprida sjukdomar och ett stort utbrott av kolera under 1850 och 1860-talet, ledde till att utvecklandet av ett spill- och dagvattensystem blev en prioritet. Kombinerade system för avledning av spillvatten och dagvatten anlades för att göra städer torrare och renare. (Cettner, Söderholm & Viklander 2012)

Fram till 1960-talet var det vanligaste att man byggde just kombinerade ledningar. Nu för tiden bygger man separata ledningar för dagvatten, men i äldre områden finns kombinerade ledningar kvar. I dessa leds spill- och dagvatten till reningsverken, medan separata dagvattenledningar leds ut i närliggande vattendrag. (Nordvästra Skånes vatten och avlopp u.å.a)

I Stockholm regnar det ca 550 mm/år varav 450-500 mm inte avdunstar utan avrinner som dagvatten. Staden har ungefär 200 mil ledningsnät som hanterar dagvattnet varav hälften är ett kombinerat ledningssystem. (Stockholm stad 2015) I ledningssystem finns en funktion som kallas bräddning, vilket vanligen sker vid kombinerade ledningssystem. Bräddning sker i samband med kraftiga skyfall och snösmältning och innebär att orenat avloppsvatten leds ut direkt i sjöar och vattendrag. Det är en funktion som finns för att vattnet vid överbelastning av systemen inte ska gå baklänges och orsaka översvämningar. Trots att avloppsvattnet då är väldigt utspätt med regnvatten har bräddning flera konsekvenser, det kan till exempel påverka badvattenkvaliteten. (Nordvästra Skånes vatten och avlopp u.å.b)

Även separata ledningssystem har sina brister. Framväxten av dessa har medfört en belastning av föroreningar från dagvatten på de vattendrag dit dagvatten leds ut. (Stockholm stad 2015)

Redan i slutet av 1950-talet hävdade Gunnar Åkerlindh, en svensk ingenjör, att dagvatten var kraftigt förorenat och att det inte bör ledas bort utan att först ha renats. Studier kring föroreningar i dagvatten och ökad dödlighet bland fiskar efter regn ledde till att man började prata om dagvatten som en fara för djur- och människoliv. (Cettner, Söderholm & Viklander 2012)

Figur 1 visar några av de vanligaste förekommande föroreningarna i Stockholms dagvatten och hur dessa påverkar djur, växter och människoliv.

Ämne	Vanligt förekommande källor(placerade utan inbördes ordning)	Påverkan på djur- och människoliv samt miljön
Fosfor(P)	Bräddat avloppsvatten, gödsling, trafikavgaser, spillning från djur	Orsakar bl.a. algblooming vilket skapar syrebrist i sjöar och hav.
Kväve(N)	Bräddat avloppsvatten, spillning från djur, trafikavgaser	Orsakar bl.a. algblooming vilket skapar syrebrist i sjöar och hav.
Bly(Pb)	Däck, bilbatterier, asfalt	Mycket giftigt för såväl människor som djur. Kan leda till infertilitet och fosterskador.
Koppar(Cu)	Byggnadsmaterial, däck, bromsklossar, sandning	Giftigt för växter och djur som lever i vatten.
Zink(Zn)	Byggnadsmaterial, vägbana, sandning	Giftigt för växter och djur som lever i vatten.
Kadmium(Cd)	Finns i zink	Mycket giftigt för såväl människor som djur.
Krom(Cr)	Byggnader, sandning	Påverkar djur, människor och växter negativt. Kan i kromföreningar vara cancerogent.
Nickel(Ni)	Bildas vid förbränning av fossila bränslen, rostfritt stål, sandning	Kan vara cancerogent. Påverkar mest mindre djur och växter.
Kviksilver(Hg)	Avfall som innehåller kvicksilver(termometrar, batterier, lågenergilampor), sandning, industriutsläpp, kremering	Mycket giftigt för såväl människor som djur samt växter.
Olja	Läckage från fordon, oljeutsläpp	Skadligt för såväl människor som djur, samt växter.
Bakterier	Bräddat avloppsvatten, naturliga processer, spillning från djur	Skadligt för människor

Figur 1. Tabell över några av de vanligaste föroreningarna i Stockholms dagvatten
Källa: SWEKO (2010)

Träd i städer

Som en motreaktion på medeltidens stadsstruktur kom under 1800-talet ett nytt stadsbyggnadsideal. Stadsträd blev då allt vanligare, särskilt i rader längs med nya breda boulevarder. Ökningen av bilismen under 1900-talet ledde till att många träd togs ner för att ge ökat utrymme till biltrafik. Trädens minskade utrymme skedde även under mark då kompakteringar som följd av biltrafik och ledningar konkurrerade med rötterna. (Lindberg 2007) I dagens städer varierar tillgången på växttillgängligt vatten mycket både över säsong och på plats. När kraftiga flöden kommer leds dagvattnet bort i ledningar istället för att tas om hand på plats av till exempel träd. (Alvem och Grönjörd 2017)

Träd kan förutom att bidra till att hantera dagvatten, tillföra sociala värden i en stad. Studier visar att människor som vistas i naturen bland annat känner sig mindre stressade, får lägre blodtryck och bättre koncentrationsförmåga (Naturvårdsverket 2017). Om träd används som effektiva renare och hanterare av dagvatten i städer får vi förutom en hållbar dagvattenhantering, dessutom de sociala och ekologiska värden som träd ger.

Biokol

Biokol kan förbättra en jords struktur, vatten- och näringshållande egenskaper. Det har liknande egenskaper som andra organiska material såsom torv eller mull, men bryts ned långsammare. Biokol har också bevisats höja det tillgängliga kvävet i marken samt mikrolivsaktivitet vilket får växter att växa fortare, vilket i sin tur

förbättrar trädets kapacitet att ta upp vatten och föroreningar. (Scharenbroch et al. 2013)

Biokol kan även binda tungmetaller och därmed förhindra att de sprids i naturen (Alvem och Grönjord 2017). Tungmetaller som nämns i tabellen över vanligt förekommande föroreningar i Stockholms dagvatten på sidan 6, figur. 1, är t.ex. bly, kadmium och kvicksilver.

Biokol är också användbart för att binda andra föroreningar, särskilt organiska föroreningar. Avlägsning av andra föroreningar från dagvattnet såsom metaller och smittämnen kan biokol också bidra med, hur effektivt biokol är för det beror på hur det framställs. (Mohanty et al. 2018)

Biokol framställs vanligtvis genom pyrolys, vilket innebär en syrefri förbränning vid en hög temperatur på 300-800° C (Mohanty et al. 2018).

Skelettjord och kolmakadam

Skelettjordar används främst för att öka utrymmet under marken för träd som står i hårdgjorda ytor. De byggs huvudsakligen enligt tre olika modeller; CU-soil, Göteborgsmodellen och Stockholmsmodellen. De skiljer sig genom anläggningsmetod och material. (Pettersson 2006) I uppsatsen kommer endast skelettjord anlagd enligt Stockholmsmodellen att nämnas. Den kommer refereras till som antingen skelettjord eller traditionell skelettjord.

Kolmakadam är en jord som består av makadam, biokol, näringsberikad biokol och kompost (Alvem och Grönjord 2017).

Huruvida kolmakadam är en skelettjord är tvetydigt. I en Vinnova (Sveriges innovationsmyndighet) rapport *Klimatsäkrade systemtor för urbana miljöer – referensanläggningar och studier i urban miljö* beskrivs olika projekt från Stockholm där man använt kolmakadam. Vid projektbeskrivningen av en ny växtbädd vid Vallhallavägen beskrivs processen och innehållet för kolmakadam, ändå nämns inte kolmakadam någonstans. Istället kallas jorden en skelettjord. I ytterligare en projektbeskrivning från Nybrogatan i Stockholm kallas projektet ”Växtbädd med skelettjord på Nybrogatan”, för att sedan skriva att det är ”en växtbädd med kolmakadam”. Vidare kallas kolmakadam konsekvent för skelettjord i hela projektbeskrivningen (Sörelius et al. 2017).

I Stockholms handbok *Växtbäddar i Stockholm stad* beskrivs både skelettjord och kolmakadam. I stycket om kolmakadam står ”Anläggningsprocessen är, i jämförelse med skelettjord, både enklare och snabbare” (Alvem och Grönjord 2017 s. 9) samt ”Skelettjorden ersätts med kolmakadam” (Alvem och Grönjord 2017 s. 9). Samtidigt skriver Stockholm stad i sin handbok i begreppsförklaringen att ”skelettjord är en anläggningsmetod som ger växtbäddar tillräcklig porvolym och förhindrar att växtbädden kompakteras” och ”kolmakadam är en blandning av makadam, näringsberikad biokol och kompost” (Alvem och Grönjord 2017 s.5) I beskrivningen av begreppen förklaras alltså kolmakadam som en jord och skelettjord som en anläggningsmetod. Kan alltså en växtbädd med kolmakadam vara en skelettjord, men med ett annat innehåll än den traditionella?

Syfte

Syftet med arbetet är att reda ut begreppen skelettjord och kolmakadam och om möjligt visa på en roll för växtbäddar med träd och kolmakadam i rening och

hantering av dagvatten. Arbetet kommer även att försöka sig på att vidga begreppet skelettjord. Uppsatsen hoppas kunna belysa begreppsförvirringen som råder och ses som en inspiration för forskare och anläggare av växtbäddar.

Frågeställningar

- Vilken påverkan kan en växtbädd bestående av träd och kolmakadam ha på att rena och hantera dagvatten?
- Kan en växtbädd med kolmakadam som är anlagd enligt Stockholms modell även kallas för skelettjord?

Avgränsningar

Arbetet avgränsas tidsmässigt till 10 veckors heltidsstudier. Tematiskt avgränsas arbetet till hur växtbäddar med kolmakadam används i Stockholm stad för att hantera dagvatten, samt vilken påverkan kolmakadam och träd har på dagvattenhantering. Litteratur som använts består främst av artiklar, studentarbeten och rapporter från Sverige, men underbyggs av information från vetenskapliga artiklar om studier som utförts i USA och Australien. Arbetet avgränsas geografiskt till växtbäddar i Stockholm stad och därmed behandlas endast skelettjordar/växtbäddar med kolmakadam som är anlagda enligt Stockholmsmodellen.

Definitioner på begrepp

Följande begrepp används i uppsatsen. För att läsaren ska få en tydlig uppfattning om vad som menas med dessa följer här en definition av begreppen.

- Dagvatten – regn- och smältvatten som leds bort från hårdgjorda ytor (Nordvästra Skånes vatten och avlopp u.å.a).
- Spillvatten – vatten som leds bort från hushåll och industrier (Nordvästra Skånes vatten och avlopp u.å.a).
- Kombinerade ledningar – ledningar som blandar spill- och dagvatten (Nordvästra Skånes vatten och avlopp u.å.a).
- Separata ledningar – ledningar som endast leder bort dagvatten (Nordvästra Skånes vatten och avlopp u.å.a).
- Kolmakadam – en blandning utav makadam, biokol, näringsberikad biokol och kompost (Alvem och Grönjörd 2017).
- Skelettjord – en anläggningsmetod som ger växtbäddar god porvolym och förhindrar kompaktering (Alvem och Grönjörd 2017).

Metod

Arbetet är en litteraturstudie. Den centrala rapporten som studien utgått ifrån är Vinnovas rapport *Klimatsäkrade systemtor för urbana miljöer – referensanläggningar och studier i urban miljö* där bland annat referensprojekt utförda i Stockholm stad beskrivs (Sörelius et al. 2017). En telefonintervju har även gjorts med Britt-Marie Alvem, som varit delaktig i referensprojekten och som även skrivit om hur Stockholm stad arbetar med växtbäddar i *Växtbäddar i Stockholms stad – en handbok* (Alvem och Grönjörd 2017).

Litteraturstudie

Vinnovas rapport *Klimatsäkrade systemtor för urbana miljöer – referensanläggningar och studier i urban miljö* sammanfattar referensprojekt som undersökts i Stockholm stad med växtbäddar med kolmakadam. Exempelen visar på kolmakadam och träd och hur dessa används vid dagvattenhantering. Jag tittade på rapporten utifrån följande fyra punkter:

- » Teknisk utformning
- » Sammansättning av kolmakadam
- » Möjlighet att ta hand om dagvatten
- » Trädart

Detta för att besvara mina två frågeställningar;

-Vilken påverkan kan en växtbädd bestående av träd och kolmakadam ha på att rena och hantera dagvatten?

-Kan en växtbädd med kolmakadam som är anlagd enligt Stockholms modell även kallas för skelettjord?

För att komplettera information i rapporten och klargöra specifika frågor och begrepp om framförallt sammansättningen av kolmakadam, som rapporten inte belyste, utfördes en telefonintervju.

Telefonintervju

En telefonintervju med Britt-Marie Alvem, landskapsarkitekt vid trafikkontoret på Stockholm stad, utfördes den 18 maj 2018. Frågor som ställdes rörde sig kring vad kolmakadam är, hur det anläggs och om det går att likställa dess bärighet i trafiksammanhang med den som är hos tidigare anlagda skelettjordar i Stockholm stad, samt vad för material som deras biokol produceras av. Under mejlkontakt den 30 maj 2018 besvarades ytterligare frågor som arbetet kompletterades med.

Kompletterande litteraturstudier

Kompletterande litteraturstudier utfördes för att hitta vetenskapliga artiklar om vilka föroreningar som träd samt biokol kan ta upp/binda och vilka faktorer som påverkar reningsförmågan och upptagningsförmågan av dagvatten hos träd/biokol. Dessa inleddes med systematiska sökningar (Rienecker & Stray Jörgensen

2014) på databasen Primo De sökord som användes var; *biokol, biochar, dagvatten, stormwater, träd dagvatten, stadsträd dagvatten, kolmakadam*. Den systematiska sökningen följdes av kedjesökningar (Rienecker & Stray Jörgensen 2014) där relevant litteratur såsom kandidatarbeten och examensarbeten samt artiklar ledde till att nya källor hittades.

Ytterligare litteraturstudier gjordes för att identifiera specifika studier som är skrivna om skelettjord, biokol och träd vid dagvattenhantering. Dessa hittades genom sökningar på Google med sökord som biokol, dagvatten, träd dagvatten, stadsträd dagvatten, kolmakadam, skelettjordar Stockholm, Stockholm dagvatten.

Beräkningar

För att vidare besvara uppsatsen första frågeställning, ” Vilken påverkan kan en växtbädd bestående av träd och kolmakadam ha på att rena och hantera dagvatten?”, utfördes beräkningar. Underlag till beräkningarna hämtades från Asp et al. (2015). Information om hur man beräknar vattenmängd hämtades från Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut (2018).

Resultat

I resultatet utreds träd, biokol, skelettjord och kolmakadam först separat. Därefter följer en jämförelse av skelettjord och kolmakadam. Sedan redogörs de referensprojekt som undersökts och slutligen görs ett räkneexempel för att visa på trädbäddarnas roll i dagvattenhantering.

Träd

Inga nordiska studier är gjorda på träds lämplighet inom dagvattenhantering hittades. De studier som är gjorda är från Kalifornien och Australien. Studien i Kalifornien sammanfattades i en vetenskaplig artikel av Scharenbroch, Morgenroth och Maule (2016). I den utredes vad som påverkar ett träds förmåga att ta upp dagvatten och vilka arter som är mest lämpade för dagvattenhantering. Tre faktorer visades påverka mest; vilken hastighet träd tar upp CO₂, total bladarea och storleken hos det adulta trädet. Studien utfördes i Kalifornien och därför är trädarterna inte dessa som kan återfinnas här. Studien visade även att träden tog upp 46-72% av det totala vattnet. (Scharenbroch, Morgenroth & Maule 2016) Intressant är att i Malmö sommaren 2006 uppmättes en fullvuxen linds vattenupptagningsförmåga via rötterna vara ca 670 liter vatten per dag under juli månad (Stockholm stad 2009).

I en studie utförd i Australien, beskriven i en artikel av Denman, May och Moore (2016) har man undersökt stadsträds möjlighet att rena dagvatten. Studien jämförde egenskaperna hos 4 olika träd. Det framkom att skillnaden mellan de olika arternas kapacitet att ta upp förorenande ämnen var liten. Två av de vanligaste föroreningarna i Stockholms dagvatten, fosfor och kväve, (se figur 1)

nämns särskilt. Alla träd var mycket effektiva i att ta upp fosfor under hela året. Mängden kväveoxid som kunde tas upp varierade mer över året och nådde sin topp under sommarhalvåret. (Denman, May & Moore 2016)

Sammanfattningsvis visar resultaten att vid vattenupptagningsförmågan är tre faktorer viktigast; med vilken hastighet trädet tar upp CO₂, total bladarea och storleken hos det adulta trädet (Scharenbroch, Morgenroth & Maule 2016). Reningsförmågan av dagvatten visades i den australiensiska studien vara till största del vara densamma hos alla träd (Denman, May & Moore 2016). Inget i litteraturen indikerar att inte samma slutsats skulle gälla för svenska förhållanden.

Det här arbetet har fokuserat på trädets roll i dagvattenhantering, men givetvis kan alla växter rena och ta upp dagvatten. Träd är dock på grund sin massa mest effektiva. De kan inte bara ta upp mer vatten och ämnen via rötterna än andra växter, deras kronor har en stor lagringskapacitet och fungerar som ett dagvattenmagasin vilket minskar belastning på VA-nät. (Scharenbroch, Morgenroth & Maule 2016)

Biokol

I en vetenskaplig artikel skriven av Mohanty et al. (2018) så presenteras en studie där det bland annat undersöktes vad som påverkar biokolets egenskaper som renare av dagvatten. Pyrolystemperaturen visades ha betydelse för biokolets egenskaper, högre pyrolystemperatur ger en större volym mikroporer och yta. En lägre temperatur kan ge ett högre CEC. Materialet som biokolet tillverkas av visades bland annat ha betydelse på porstorlek och näringsinnehåll. Biokol som tillverkas av djurspillning har ett högre näringsinnehåll än det som tillverkas av trä. Näringsinnehållet påverkar biokolets kapacitet att avlägsna eller släppa ut näring i dagvatten. De olika egenskaperna som kommer av material och tillverkning gör att olika biokol är olika lämpliga för att rena dagvatten. (Mohanty et al. 2018)

Kolmakadam

Kolmakadam består av krossad granit i fraktionerna 32-90 mm som blandats med biokol. Till skillnad från anläggningsjorden som spolas ner i en skelettjord som ofta består av ändliga resurser, t.ex. åsgrus, är biokol en restprodukt (Sörelius et al. 2017). Enligt Alvem¹ är anläggningen med kolmakadam dessutom billigare än den då man anlägger skelettjord eftersom att det är dyrt att spola ner jord i håligheterna. Alvem² påpekar dock att kolmakadam som material är dyrare än materialet till skelettjord. Enligt Alvem¹ används bara trädgårdsavfall för produktionen av den biokol som används i växtbäddar i Stockholm, vilket ger den ett lägre näringsinnehåll än om den skulle tillverkats av djurspillning.

Skelettjord

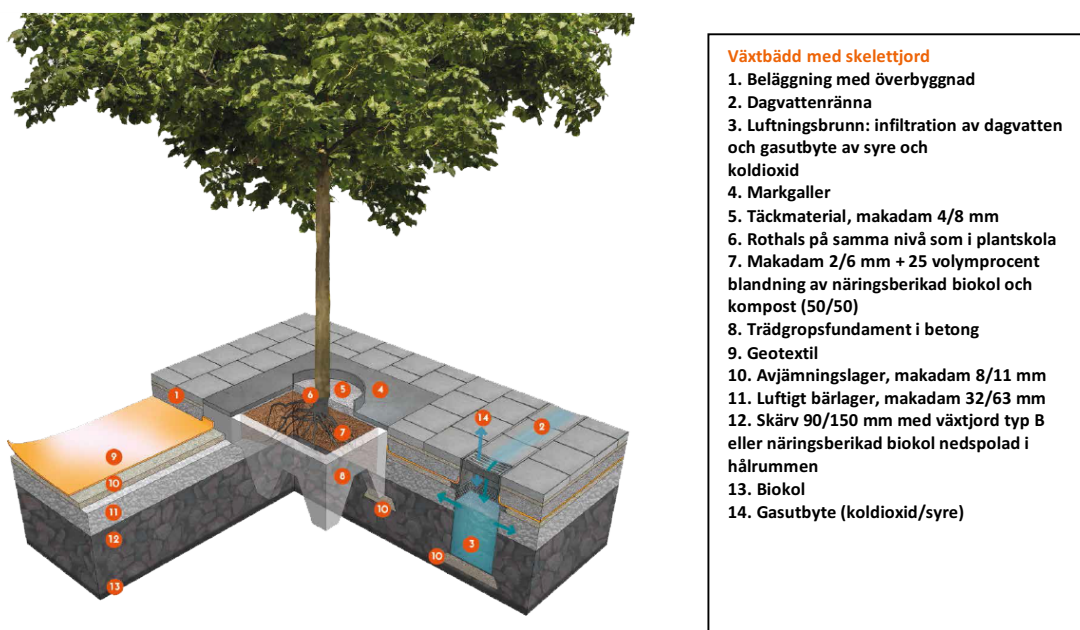
Skelettjord enligt Stockholmsmodellen utgörs av skärv i fraktionen 90-150 mm med anläggningsjord nedspolad (Alvem och Grönjord 2017). Anläggningsjorden är den jord som benämns som jord B i AMA (Alvem och Grönjord 2017). Jord B är en sandig, grusig jord med låg lerhalt (AMA 2011).

Skelettjordar är bra för att magasinera dagvatten, men är sämre på att rena. De kan främst avskilja partikelbundna föroreningar i dagvatten (Stockholms vatten och avfall u.å)

Jämförelse mellan kolmakadam och skelettjord

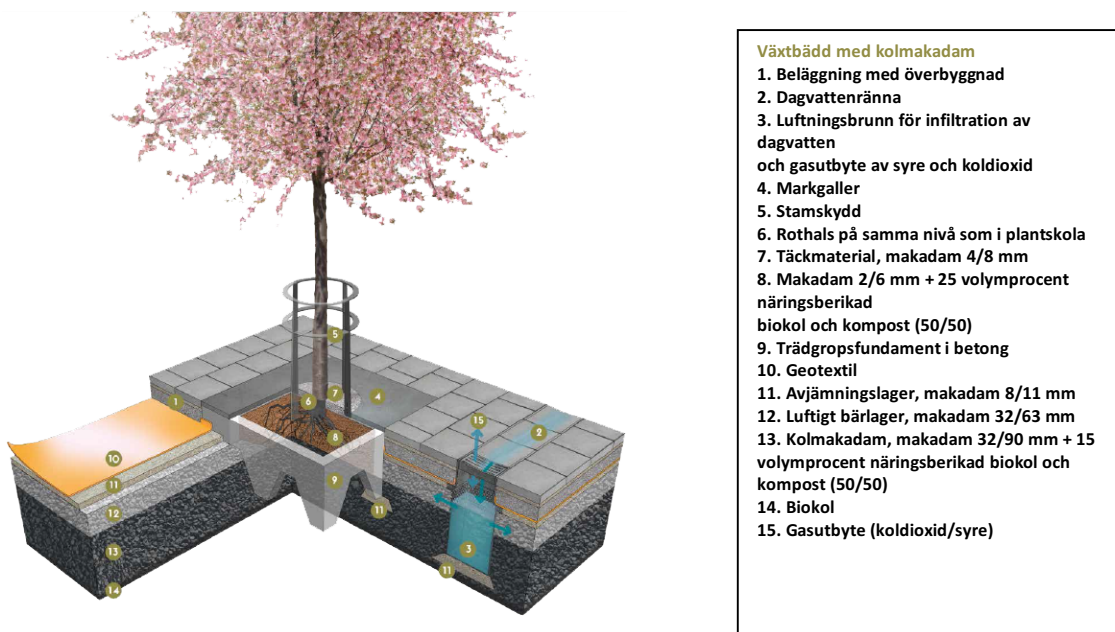
Kolmakadam har samma stabila struktur som skelettjord och dess bärighet kan därför likställas med den hos skelettjord enligt Alvem¹. Stockholms skelettjordars bärighet har testats av Statens väg- och transportforskningsinstitut. Denna har visats vara tillräckligt god för att jorden ska kunna användas under körbanor och parkeringsytor (Alvem och Grönjord 2017). Enligt Alvem¹ har Trafikkontoret på Stockholm stad helt gått över till kolmakadam från skelettjord.

Genom att se på förklarande skisser över hur skelettjordar och kolmakadam anläggs i Stockholm kan skillnaderna konstateras.



Figur 2. Förklarande skiss med tillhörande teckenförklaring över hur växtbäddar med skelettjordar i Stockholm utformas.

Illustration och teckenförklaring: Stockholm stad (2017)
© Publicerad med tillstånd från Trafikkontoret vid Stockholm stad



Figur 3. Förklarande skiss med tillhörande teckenförklaring över hur växtbäddar med kolmakadam i Stockholm utformas.

Illustration och teckenförklaring: Stockholm stad (2017)

© Publicerad med tillstånd från Trafikkontoret vid Stockholm stad

Det som skiljer de två förklarande skisserna åt är dels att ett stamskydd visas i kolmakadam-skissen, men främst är skillnaden punkt 12(figur 2) och punkt 13(figur 3), alltså fyllnadsmaterialet. I skelettjorden är fyllnadsmaterialet skärv i fraktionerna 90-150 mm med en växtjord B (AMA 2011). Det nämns även att växtjorden kan bytas ut till biokol. I växtbädden med kolmakadam visar punkt 13 att makadam i fraktionerna 32-90 mm med 15 % näringsberikad biokol och kompost.

Skillnaden blir därmed att i en växtbädd med kolmakadam används en jord i finare fraktionerna med högre näringsinnehåll.

Referensprojekt

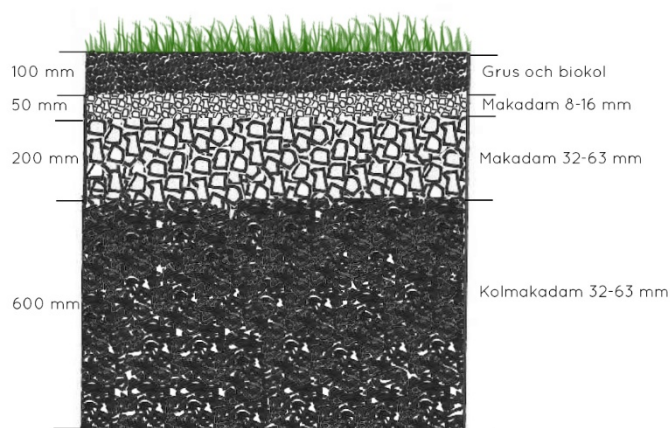
Referensprojekten som nämns är anläggningar av växtbäddar med kolmakadam i Stockholm stad. Informationen är hämtad från Vinnovareportern *Klimatsäkrade systemtor för urbana miljöer – referensanläggningar och studier i urban miljö*. För varje projekt nämns information om teknisk utformning, växtbäddens möjlighet att hantera dagvatten samt trädart. Projektbeskrivningarna kompletteras med bilder från platsen samt jordprofiler där de olika lagrens djup finns utmarkerade. I en sammanfattning jämförs och sammanfattas referensprojekten, därefter följer ett räkneexempel som visar på vilken påverkan en växtbädd anlagd enligt från projekten använd metod kan ha på framtida väntade nederbörd.

Referensprojekt 1. Växtbädd med kolmakadam vid Valhallavägen

Valhallavägen i Stockholm har ett mittstråk med trädallé, parkering, gräsytor och gång- och cykelväg. Allén planterades för 120 år sedan och fick 2015 nya växtbäddar för att ge träden en bättre markmiljö, samt för att förbättra omhändertagandet av dagvatten. Trafikkontoret i Stockholmsstad som äger marken tog initiativ till renoveringen, samarbetspartner var Infrakonsult (Sörelius et al. 2017).



*Figur 4. Bild från platsen
Foto: Marta Karlström*



*Figur 5. Jordprofil över den anlagda
växtbädden utan rötter.
Illustration: Marta Karlström*

- » **Teknisk utformning:** Växtbädden skapas genom en vakuumschakt runt träden. Gropen fylls sedan med makadam i fraktionerna 32-63 mm uppblandat med biokol i ett lager på 600 mm. På makadamblandningen läggs 200 mm ren makadam av samma fraktioner och ovanpå det ett 50 mm avjämningslager av makadam i fraktionerna 8-16 mm. Överst i bädden läggs 100 mm anläggningsjord bestående av grus och biokol. Ytan besås sedan med gräs. (Sörelius et al. 2017)
- » **Växtbäddens möjlighet att ta hand om dagvatten:** Växtbädden är 1130 m² stor och omhändertar dagvatten från sammanlagt 5000 m², varav 2000 m² är en parkeringsyta och 3000 m² en grön- och grusyta. Jorden för varje träd rymmer ca 5 m³ vatten och har en total jordvolym på 15 m³. (Sörelius et al. 2017)
- » **Trädart:** lind – Tilia (Sörelius et al. 2017).

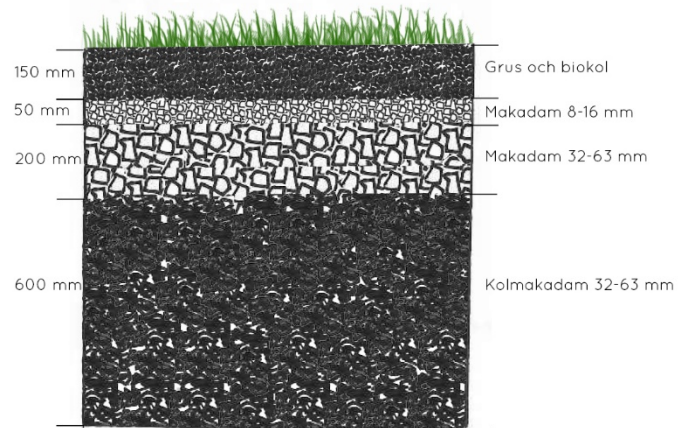
Referensprojekt 2. Växtbädd med kolmakadam på Västerled

2015-2016 anlades nya växtbäddar på Västerled i Bromma i Stockholm.

Växtbäddarna utgörs till största del av kolmakadam och anlades för att ta hand om dagvatten från gata och gångbana. Trafikkontoret i Stockholm äger och drev anläggningen som gjordes i samarbete med Infrakonsult, Peab och Green Landscaping. (Sörelius et al. 2017)



*Figur 6. Bild från platsen
Foto: Marta Karlström*



Figur 7. Jordprofil över den anlagda växtbädden utan rötter.

Illustration: Marta Karlström

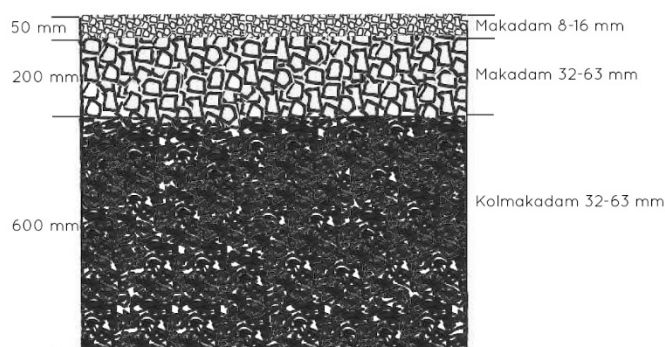
- » **Teknisk utformning:** Trädens växtbädd är uppbyggd av ett 600 mm lager makadam i fraktionerna 32–63 mm som har en 15 % inblandning av biokol. Ovanpå läggs ett 200 mm djupt lager ren makadam i samma fraktioner, över det ett 50 mm djupt avjämningslager av makadam i fraktionerna 8–16 mm. Överst läggs ett 150 mm djupt lager anläggningsjord som sedan besås med gräs. Mot den asfalterade trottoaren går en 30 cm bred makadamremsa där dagvatten ska infiltrera. Mot körbanan leds dagvatten in i skelettjorden med hjälp av kantstensbrunnar. När växtbädden blir vattenfylld rinner ytvattnet vidare till dagvattenledningar. (Sörelius et al. 2017)
- » **Växtbäddens möjlighet att ta hand om dagvatten:** Varje träds jord kan rymma 5 m³ vatten (Sörelius et al. 2017).
- » **Trädart:** rödlönn - *Acer rubrum* 'Red sunset' (Sörelius et al. 2017)

Referensprojekt 3. Växtbädd med Kolmakadam på Nybrogatan

För att ta hand om dagvatten från gång- och cykelbana anlades 2015 en växtbädd med kolmakadam på Nybrogatan i Stockholm. Trafikkontoret ansvarade för anläggning. Byggnationer gjordes i samarbete med Infrakonsult. (Sörelius et al. 2017)



Figur 8. Bild från platsen
Foto: Marta Karlström



Figur 9. Jordprofil över den anlagda växtbädden utan rötter.

Illustration: Marta Karlström

- » **Teknisk utformning:** Trädens växtbäddar är uppbyggda av ett 600 mm lager kolmakadam, ovanpå kolmakadamen läggs 200 mm djupt lager ren makadam. På makadamlagret läggs sedan ett avjämningslager som är 50 mm djupt med makadam i mindre fraktioner(8-16 mm).(Sörelius et al. 2017)
- » **Växtbäddens möjlighet att ta hand om dagvatten:** Jorden för varje träd har kapacitet att emot ca 5 m³ dagvatten (Sörelius et al. 2017).
- » **Trädart:** hybridmagnolia - Magnolia x loebnerii 'Merrill' (Sörelius et al. 2017).

Sammanfattning av referensprojekten

Själva anläggningsmetoden och utformningen skiljer sig inte åt särskilt mycket mellan de olika projekten. Skillnaden ligger i att de alla fått en platsspecifik anpassning. Ovanpå kolmakadamen i det första exemplet läggs en anläggningsjord för att gräs ska kunna växa. I det andra exemplet står träden också i gräs men här har anläggningsjorden fått ett 50 mm större djup. Här används även en kantstensbrunn för att vatten från vägen ska kunna ledas in i växtbädden. I det tredje exemplet leds vatten enbart in genom ett markgaller.

Om man utgår ifrån Scharenbroch, Morgenroth och Maules vetenskapliga artikel (2016) där de viktigaste faktorerna som påverkar ett trädets förmåga att ta upp dagvatten samt vilka arter som är mest lämpade vid dagvattenhantering utreddes (Scharenbroch, Morgenroth & Maule 2016), bör lindarna i det första exemplet vara bäst vid dagvattenhanteringen. Detta på grund av lindarnas stora bladarea och de

adulta trädens storlek, ca 20-25 m. (Tönnersjö plantskola u.å.c.) Hastigheten som träden kan ta upp CO₂ nämns också som en faktor i artikeln (Scharenbroch, Morgenroth & Maule 2016), men detta bortses i jämförelsen eftersom att ingen information finns att tillgå. Nummer två i bäst träd vid dagvattenhantering blir rödlönnarna från exempel 2 som även uppskattas ha en stor bladarea, men som blir mindre som adult träd än linden, bara 8-12 m. (Tönnersjö plantskola u.å.a.) Träden från det sista och tredje exemplet, hybridmagnolia, bedöms vara sämst utav de tre olika arterna vid dagvattenhantering. Bladarean bedöms vara relativt stor, men trädens adulta storlek uppskattas vara bara 5-8 m. (Tönnersjö plantskola u.å.b.)

Räkneexempel

Räkneexemplet vill visa från hur stor yta en växtbädd, anlagd enligt metod från referensprojektet, kan omhänderta nederbörd under framtida väntade största årsnederbörd i Stockholm. Mängden regn som används är 36,4 mm vilket är 30% mer än den genomsnittliga största årsnederbörd i regionen under åren 1961-1990 (Asp et al., 2015). Per kvadratmeter innebär 36,4 mm regn, 0,0364 m³ vatten (Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut, 2018.). En växtbädd med kolmakadam som är anlagd enligt Stockholms modell kan rymma ca 5 m³ vatten (Sörelius et al. 2017). Det innebär att en växtbädd anlagd enligt denna metod kan omhänderta väntad största nederbörd/år från en 137,4 m² stor yta. Det motsvarar ungefär 11 stycken parkeringsrutor i standardstorlek (2,5m x 5m).

Diskussion

I diskussionen behandlas först uppsatsens resultat. Syftet upprepas för att visa hur resultatet svarar på det. Uppsatsens frågeställningar och hur resultatet svarar på dessa tas sedan upp. Efter detta diskuteras metoder som använts och slutligen uppsatsens slutsats.

Resultat

Syftet med arbetet var att reda ut begreppen skelettjord och kolmakadam och om möjligt visa på en roll för växtbäddar med träd och kolmakadam i rening och hantering av dagvatten. Arbetet skulle även att försöka sig på att vidga begreppet skelettjord och belysa begreppsförvirringen som råder.

I resultatet har träd, biokol och skelettjord/kolmakadam först gått igenom separat och sedan har tre exempel på anlagda växtbäddar med kolmakadam visat. Ordningen är vald för att teorin bakom hur träd och biokol kan rena och hantera dagvatten först ska visas och sedan hur teorin appliceras i praktiken. Detta bidrar till att svara på uppsatsens första frågeställning, ”*Vilken påverkan kan en växtbädd bestående av träd och kolmakadam ha på att rena och hantera dagvatten?*”

Skelettjord och kolmakadam förklarades och jämfördes för att tydligt visa på likheter och skillnader i anläggningsmetod och material. Detta bidrar till att besvara uppsatsens andra frågeställning, ”*Kan en växtbädd med kolmakadam som är anlagd enligt Stockholms modell även kallas för skelettjord?*”.

Resultatet kopplat till frågeställningarna

Denna sektion ska visa på hur resultatet svarar på frågeställningar.

Vilken påverkan kan en växtbädd bestående av träd och kolmakadam ha på att rena och hantera dagvatten?

Anläggning av växtbäddar med kolmakadam och teorin bakom visar på att träd och biokol aktivt kan rena dagvatten från flera av de föroreningar som nämns i tabellen (figur 1). Resultatet visar även att en växtbädd med kolmakadam, samt träd kan fördröja stora mängder vatten vilket minskar problem såsom överbelastning av VA-ledningar. Enligt beräkningar kan en växtbädd med kolmakadam anlagd enligt Stockholms modell ta emot framtida väntad största årsnederbörd från en yta motsvarande 11 parkeringsrutor.

Kan en växtbädd med kolmakadam som är anlagd enligt Stockholms modell även kallas för skelettjord?

Det är tydligt att det råder förvirring kring huruvida en växtbädd med kolmakadam kan kallas för en skelettjord. I Vinnovas rapport *Klimatsäkrade systemtor för urbana miljöer – referens-anläggningar och studier i urban miljö* anses det vara en skelettjord medan Stockholm stad i sin växtbäddshandbok vill mena att det inte är det.

Jag tror att Stockholm stad i sin växtbäddshandbok vill skilja på växtbäddar med kolmakadam och traditionellt anlagda skelettjordar, för att tydligt visa att det är något nytt. Processen där en traditionell skelettjord anläggs och den där en växtbädd med kolmakadam anläggs är väldigt lika. Den enda skillnaden som kommit fram av resultatet är fyllnadsmaterialet. I en traditionell skelettjord används skärv och anläggningsjord spolas ner medan kolmakadam är färdigblandad makadam med näringsberikad biokol och gödsel. Växtbäddar med kolmakadam ökar utrymmet under mark för träd i hårdgjorda ytor, ger möjlighet till gasutbyte för rötterna och har en stabil struktur som gör att den går att anlägga under vägar, gång- och cykelbanor. Om vi går tillbaka till definitionen av skelettjord i Stockholm stads växtbäddshandbok; ”skelettjord är en anläggningsmetod som ger växtbäddar tillräcklig porvolym och förhindrar att växtbädden kompakteras” (Alvem och Grönjörd 2017 s.5), kan vi konstatera att alla kriterier är uppfyllda och därför påstå att en växtbädd med kolmakadam kan kallas för en skelettjord. För att skilja på olika skelettjordar och inte skapa förvirring skulle man kunna använda fyllnadsmaterialet när man refererar till en jord. Som exempel skulle då en traditionell skelettjord kunna kallas för *skelettjord med skärv och anläggningsjord* och en med kolmakadam för *skelettjord med kolmakadam*.

Resultatets betydelse

Resultatet indikerar att dagvattenhantering med kolmakadam och träd kan vara en god lösning både för trädets möjlighet att klara sig i stadsmiljö och för stadens rening och hantering av dagvatten. Resultatet visar inte praktiska exempel där lyckade resultat nåtts utan enbart hur anläggning gått till och hur mycket vatten som bör kunna magasineras i växtbädden på de olika platserna. Visat räkneexempel visar på hur stor påverkan en växtbädd anlagd enligt denna metod kan ha på framtidens väntade nederbörd. Vidare undersökningar inom ämnet skulle kunna vara utredningar om trädets tillväxt och hälsa i växtbäddar med kolmakadam, samt hur mycket vatten träden bidrar till att ta upp/fördröja.

Resultatet visar på ett sätt att hantera dagvatten i stadsmiljö. Det finns flera andra metoder som kanske är mer lämpliga på vissa platser. Resultatet utreder hur just denna metod används men det utesluter inte att andra metoder kanske är bättre.

Metod

Uppsatsens metoder; litteraturstudien, intervju och beräkningar diskuteras.

Litteratur

Uppsatsens huvudsakliga metod var en litteraturstudie. Litteraturstudien bestod främst av artiklar, studentarbeten och rapporten. Dessa underbyggs av information från vetenskapliga artiklar. Flertalet av studier som beskrivs i de vetenskapliga artiklarna utfördes i USA och Australien. Om en studie som utförts i Sverige hade redovisats hade kanske förslag för trädarter som passar vårt klimat funnits. Stockholm stads växtbädds handbok har varit ett värdefullt verktyg i att få en inblick hur de arbetar med växtbäddar, men mer information om just kolmakadam saknas. Generellt har information om kolmakadam varit svår att tillgå, i Vinnovas rapport kallas felaktigt kolmakadam skelettjord. Innehållet av jorden samt intervju med Britt-Marie Alvem har visat att flera exempel anlagts med kolmakadam även om detta inte uttryckligen står.

Intervju

Intervjun med Britt-Marie Alvem skedde över telefon, möjligtvis hade ett avtalat möte lett till att fler eller andra frågor kommit upp. Samtalet hade en fri struktur med kanske större möjlighet till följdfrågor än om färdiga frågor funnits. Intervjun spelades inte in, en inspelning hade gett en tydligare redovisning av svaren och möjlighet att använda direkta citat, men den hade kanske påverkat den intervjuades svar.

Beräkningar

Underlag till beräkningarna hämtades från SMHI rapporten *Framtidsklimat i Stockholms län enligt RCP-scenarier* (Asp et al., 2015). Rapporten visar möjliga framtidsscenarier och väntad största dygnsnederbörd, 36,4 mm, är därför en figurativ siffra. Mängden vatten baserades på rapportens förväntade ökning av största dygnsnederbörd/år, denna var 20-30% (Asp et al., 2015). 30 % lades på på den genomsnittliga största årsnederbörd åren 1961-1990 i Stockholm för att demonstrera möjlig väntad framtida största årsnederbörd i Stockholm.

Slutsats och vidare forskning

I framtiden tros översvämningar och plötsliga skyfall öka i Sverige och för att vi ska vara förberedda på det krävs det nya sätt att ta hand om dagvatten. VA-ledningar avsedda för dagvatten kommer att behöva stöd i form av hållbara lösningar. Landskapsarkitekter och andra som jobbar med stadsplanering har en viktig roll i att skapa framtidens dagvattenhantering.

Under arbetets gång har flera frågor kommit upp som hade varit intressanta att studera vidare. Till exempel hur träden mår av att stå i kolmakadam och vilka trädarter som är absolut bäst att använda vid rening och hantering av dagvatten.

Uppsatsen hoppas kunna användas som ett redskap och som inspiration till studenter och beslutsfattare för vad en hållbar dagvattenhanteringsmetod kan vara.

Referenser

Alvem, Britt-Marie och Grönjörd, Rebecka., 2017. *Växtbäddar i Stockholms stad – en handbok*. 3:e uppl. Stockholm: Stockholm stad.

AMA anläggning 10: allmän material- och arbetsbeskrivning för anläggningsarbeten. [Uppdaterad utg.] (2011). Stockholm: Svensk byggtjänst.

Asp, Magnus. et al. 2015. *Framtidsklimat i Stockholms län enligt RCP-scenarier*. Klimatologi nr 21: SMHI.

Cettner, A., Söderholm, K. & Viklander, M., 2012 *An Adaptive Stormwater Culture? Historical Perspectives on the Status of Stormwater within the Swedish Urban Water System*. Journal of Urban Technology, pp.1–17.

Dagvattenguiden, 2018. *Vad är dagvatten?* <http://dagvattenguiden.se/vad-ar-dagvatten/>

Denman, E.C., May, P.B. & Moore, G.M., 2016. *The Potential Role of Urban Forests in Removing Nutrients from Stormwater*. Journal of environmental quality, 45(1), pp.207–14.

Lindberg, Maria, 2007. *Trädrötter i skelettfjord : en fallstudie i Stockholm*.

Mohanty et al., 2018. *Plenty of room for carbon on the ground: Potential applications of biochar for stormwater treatment*. Science of the Total Environment, 625, pp.1644–1658.

MSB., 2016. *Nederbörd och översvämningar i framtidens Sverige*. Tillgänglig 2019-04-15: <https://www.msb.se/RibData/Filer/pdf/28004.pdf>

Naturvårdsverket., 2017. *Argument för mer ekosystemtjänster*. Tillgänglig 2019-04-15: <http://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer6400/978-91-620-6736-6.pdf?pid=19706>

Nordvästra Skånes vatten och avlopp., u.å.a. *Frågor och svar om dagvatten*. Tillgänglig 2019-04-15: <http://www.nsva.se/fragor--svar/dagvatten/>

Nordvästra Skånes vatten och avlopp., u.å.b. *Bräddning och nödavlopp*. Tillgänglig 2019-04-15: <http://www.nsva.se/var-verksamhet/spillvatten/braddning-och-nodavlopp/>

Pettersson, Josefine, 2006. *Växtbäddar för träd i gatumiljö: skelettfjordars konstruktion och funktion*.

Rienecker, Lotte & Stray Jörgensen, Peter., 2014. *Att skriva en bra uppsats*. 3., omarb. uppl. Lund: Liber

Scharenbroch, B. et al., 2013. Biochar and Biosolids Increase Tree Growth and Improve Soil Quality for Urban Landscapes. *Journal of Environmental Quality*, 42(5), p.1372.

Scharenbroch, B.C., Morgenroth, J. & Maule, B., 2016. Tree Species Suitability to Bioswales and Impact on the Urban Water Budget. *Journal of environmental quality*, 45(1), pp.199–206.

Stahre, P., 2004. En långsiktigt hållbar dagvattenhantering: planering och exempel. Stockholm: Svenskt vatten.

Stockholm stad., 2017. *Figur 3. Förklarande skiss med tillhörande teckenförklaring över hur växtbäddar med kolmakadam i Stockholm utformas. samt Figur 2. Förklarande skiss med tillhörande teckenförklaring över hur växtbäddar med kolmakadam i Stockholm utformas.* Hämtad från: Växtbäddar i Stockholms stad – en handbok. 3:e uppl. Stockholm: Stockholm stad.

Stockholm stad., 2018. *Dagvattenhantering vid Rådmangatans tunnelbanestation.* Tillgänglig 2019-04-08:<http://miljobarometern.stockholm.se/klimat/klima-forandringar-och-klimatanpassning/skyfall/dagvattenhantering-vid-radmansgatans-tunnelbanestation/>

Stockholm stad., 2015. *Dagvattenstrategi- Stockholms väg till en hållbar dagvattenhantering.*

Stockholm stad., 2009. *Växtbäddar i Stockholm stad – en handbok.*

Stockholms vatten och avfall., u.å. *Skelettjord.* Tillgänglig 2019-04-08: http://www.stockholmvattenochavfall.se/globalassets/dagvatten/pdf/skelett_h.pdf

Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut. 2018. *Hur mäts nederbörd?* Tillgänglig 2019-04-08: <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/hur-mats-nederbord-1.637>

Sweco. 2010. *Utredning av föroreningsinnehållet i Stockholms dagvatten.*

Sörelius, H. Andersson, L. Fransson, A-M. Stål, Ö. Fridell, K. Bodin Sköld, H. Boström, C. Rosenlund, H. Alvem, B-A. Embrén, B. 2017. *Klimatsäkrade systemtor för urbana miljöer – referensanläggningar och studier i urban miljö. Rapport/Vinnova – Utmaningsdriven innovation – Hållbara attraktiva städer: 2012-01271.* Stockholm: Vinnova.

Tönnersjö plantskola., u.å.a. *Acer rubrum – rödlönn* Tillgänglig 2019-04-15: https://www.tonnarsjo.se/show_trad.php?ID=21

Tönnersjö plantskola., u.å.b. *Magnolia x loebneri 'Merrill' - hybridmagnolia* Tillgänglig 2019-04-08:https://www.tonnarsjo.se/show_trad.php?ID=101

Tönnersjö plantskola., u.å.c. *Tilia x europaea Kristina - parklind* Tillgänglig 2019-04-08: https://www.tonnarsjo.se/show_trad.php?ID=272